

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—86342

⑤Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 02 K 3/14

識別記号

庁内整理番号  
6728—5H④公開 昭和55年(1980)6月30日  
発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑤④交流発電機のステータ巻線バー

②①特 願 昭53—159080

②②出 願 昭53(1978)12月22日

②③発 明 者 アレクサンドル・アントノヴィ  
ツチ・デユクシユタウ  
ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・バスセイナヤ3コ  
ルス3ケーヴィ34②④発 明 者 グリゴリー・ポリソヴィツチ・  
ピンスキー  
ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・ヴァルシヤフスカヤ

41コルプス2ケーヴィ68

②⑤発 明 者 ボリス・ニコラエヴィツチ・チ  
エルニシユソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・ルスタヴェリ50ケー  
ヴィ194②⑥出 願 人 アレクサンドル・アントノヴィ  
ツチ・デユクシユタウソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・バスセイナヤ3コ  
ルス3ケーヴィ34②⑦代 理 人 弁理士 中村稔 外4名  
最終頁に続く

## 明 細 書

1. 発明の名称 交流発電機のステータ巻線バー

2. 特許請求の範囲

交流発電機のステータ巻線バーであつて、該バーの長手方向に沿つて延び、2列に配置されそして該バーのスロット部分に於いて転位された絶縁導体を備えている様なステータ巻線バーに於いて、同じ列の隣接導体の対(1及び2, 3及び4, 等)を一緒に転位したことを特徴とするステータ巻線バー。

## 3. 発明の詳細な説明

本発明は発電機に係り、特に、交流発電機のステータ巻線バーに係る。

本発明は水力発電機の様な大型で低速の発電機に最も便利に適用できる。

直電機工業に於いて発電機のステータ巻線バーを設計する場合には、巻線バーの個々の導体に流れる循環電流により生じる余計な損失を、これら導体を配列し直すことによつて、即ちそのスロット部分中でバーの高さ方向に各個々の導体の位置を変えることによつて、排除するというやり方が全世界的に確立されている。

バーの高さ方向に4列に配置された個々の絶縁導体より成る発電機のステータ巻線バーが知られている(スイス特許第526872号参照)。この様な構造に於いては、個々の導体の転位が行なわれている。すなわち、第1の垂直列の導体が第3列へと移行されそして第2列の導体が第4列へと移行され、或いはこれと反対にされている。この場合には、2つの隣接した垂直列(第1及び第2、

又はオ3及びオ4)に配置され且つバーの同じ高さ存在する様な2つの隣接した個々の導体が一緒に曲げられる。一緒に曲げられそしてバーの高さ方向に同じレベルに配置されるが異なつた垂直列に配置される様な個々の導体は同じ大きさのものではない。なぜならば、これらの導体は異なつた屈曲半径を有し、即ちノ方の導体の外側の屈曲半径を他方の導体の内側の屈曲半径に一致させなければならぬからである。個々の導体に対する転位ステップは、 $360^\circ$ の電気角に亘つて移行する時には、ステータコアのスロット部分の長さをノ方の垂直列にある導体数の2倍で除算したものに等しい。

バーのこの構造はステータコアの非常に広いスロットを持つた発電機に於いてのみ有用であるが、この様な広いスロットは非常に大きな電流が巻線バーに流れない限り不可能である。この様な大電流を呈するのは非常に出力の大きなタービン発電機である。タービン発電機よりも低速で作動する機械の場合には、バーのこの構造を受け容れるこ

3

ット部分の長さを $L$ としそしてバー内にある個々の導体の全数を $n$ とすれば、転位ステップは比 $L/n$ に等しい。

この様なバーでは、 $360^\circ$ の電気角に亘る導体の転位によつて、バーのスロット部分に於いては等しい起電力が導体に誘起されるが、外部磁束が不変のまゝであるからその導体端部に於いては導体の位置によつて必然的に異なつた起電力が個々の導体に生じる。全ての導体はバーのヘッド内に構造上一緒に密封されるので、これら導体は上記した異なつた起電力と並列であることが分つており、これがバーに循環電流を過流せしめる。

発電機の出力及び電磁負荷を増加すると、ステータの端部領域の磁束密度並びにそれに関連して巻線に生じる付加的な損失が、循環電流によつて増大する傾向がある。

実際にはこれらの損失が巻線の基本的な損失と本質的に匹敵し得ることが分つており、これらは先ずオ1に巻線にホットスポットを生じさせそして巻線の絶縁の寿命を短くし、オ2に発電機の

5

とができない。というのは、これら機械のステータ巻線バーにはこの様な大電流が流れず、従つてステータコアのスロットは著しく狭く、バーの個々の導体は一緒に2列に配置されるからである。

バーの長手方向に沿つて延びそして2列に配置された個々の絶縁導体を備え、両列の導体数が同じである様な交流発電機用のステータ巻線バーが知られている(1965年Energy Publishersによつて編集されたDombrovsky V.V.氏等の"The Design of Hydroelectric Generators" 38頁を参照されたい)。この構成では、バーのスロット部分に於いて個々の導体が $360^\circ$ の電気角に亘つて転位され、即ち各絶縁導体は両方の列の全ての位置を次々に占める様にそのスロット部分内でバーの高さ方向に移行され、バーの各端では導体端部に於ける各導体の位置が不変である。個々の導体を、その列の次の導体により占有された位置へ転位させるために必要な、バーの長さに沿つた距離を、転位ステップと称する。導体を $360^\circ$ の電気角に亘つて転位する場合には、バーのスロ

4

電磁負荷、ひいては出力容量のそれ以上の増加を制限し、そしてオ3に発電機の効率を低下せしめる。

この欠点は、1967年レニングラードのEnergy publishersによつて編集されたTitov V.V.氏等の"Design and Mechanical Construction of Turbogenerators"の155頁、オ3-3図に示された様な交流発電機のステータ巻線バーの構造に於いて解消される。このステータ巻線バーの構造は前記したバーと同様に実施されるが、それらの相違点は、個々の導体の転位が $540^\circ$ の電気角に亘つて行なわれることであり、即ち換言すれば導体の1つの全転位サイクルが完了した後にもう半サイクルの転位を追加することであり、従つてこの様に転位した後に各導体がバーのノ端に於いて占有する導体端部での位置は転位する前にその同じ導体がバーの他端に於いて占有していた導体端部での位置と真向いになり、例えば転位する前に頂部にあつた導体は転位した後に底部の導体となりそしてこれと反対のことも云

6

える。バーの導体を $540^\circ$ の電気角に亘つて転位することにより、バーの端部で個々の導体に誘起された起電力を充分に打ち消すことができ、それによつて循環電流を甚だしく減少することができる。

このバーの欠点はその適用範囲が限定されるということである。特にこの様なバーは、ステータのコアが比較的短い（一般に $2.5\text{ m}$ 以下）水力発電機の様な低速の発電機のステータ巻線として設けることができない。この様な発電機のステータ巻線バーの導体を $540^\circ$ の電気角に亘つて転位するためには、必要とされる転位ステップが非常に小さく、これと同程度に小さな角度に亘つて導体を曲げることは技術的に不可能であり、即ち物理的に不可能である。

概して云えば、低速発電機のステータ巻線バーを設計する場合には、相容れない要件を満たさねばならず、即ち一方では循環電流による付加的な損失やホットスポットを少なくするために $540^\circ$ の電気角に亘るバー導体の転位を用いることが望

7

が非常に小さいことによつて一度に1つの導体を転位することが實際上不可能である様な比較的短いコアを持つた低速発電機のステータ巻線に対しても、 $540^\circ$ の電気角に亘つて転位を行なうことができる。一度に2つというペースで $540^\circ$ の電気角に亘つてバー導体を転位することにより、バーの循環電流による付加的な損失やホットスポットが最小にされ、発電機の効率が改善される。

オ2に、導体の転位ステップが大きいことによりバーの製造が容易になり且つステータ巻線の性質が改善される。

そして最後に、非常に短いステータコアを備えそしてコイル型のステータ巻線を一般に用いている様な発電機に、1つの列内の2つの隣接導体を $360^\circ$ の電気角に亘つて一緒に転位するという本発明のバー構造を用いたバー型巻線を利用できるということが分つた。

以下、添付図面を参照して本発明を詳細に説明する。

本発明による交流発電機のステータ巻線バーは

ましく、そして他方では巻線の信頼性やバーの製造し易さを確保するために最適な転位ステップを与えることが必要である。

本発明の主たる目的は、比較的短いコアを持つたステータの巻線に適用した時に循環電流による余計な損失やホットスポットを減少し、それによりバーの製造し易さを維持しつつ発電機の高い効率及び信頼性を与える様に個々の導体を配置した交流発電機のステータの巻線バーを提供することである。

この目的は、バーの長手方向に沿つて延び、2列に配置されそしてバーのスロット部分に於いて転位された様な絶縁導体を備えた交流発電機のステータ巻線バーに於いて、同じ列の隣接導体の対を一緒に転位したことを特徴とするステータ巻線バーによつて達成される。

本発明の効果は次の通りである。

先ずオ1に、1つの列内の2つの隣接導体を同時に転位することにより転位ステップを2倍にすることができ、従つて必要とされる転位ステップ



8

断面が長方形であり、そして20本の導体ストランド即ち個々の導体1, 2, 3, …………… 20を備えている（オ1図）。これら導体はバーの長さに沿つて延びそしてバーの高さ方向に2つの垂直列に配置され、絶縁ストリップ21が2つの列の間に挿入され、各列は10本即ち偶数の導体で作られる。バーの外側は絶縁被覆22で包囲されている。

以下の説明に於いては便宜上2つの垂直列をオ1図に従つて左側の列及び右側の列と称する。導体1乃至20はバーのスロット部分23に於いて転位され、即ちそれらの位置は導体が左側の列から右側の列へ或いはそれと反対に移行される様にしてバーの長さ内でその高さ方向に変えられ、同じ列内の2つの隣接導体の対、例えば導体1及び2、が一緒に転位される。

オ2図及びオ3図は導体1乃至20を $540^\circ$ の電気角に亘つて転位した本発明のバーの実施例を示している。オ2図はバーをその広い側から見た図であり、オ3図はそれを狭い側から見た図で

9



10

ある。

本発明の目的を良く説明するため、オ<sub>2</sub>図及びオ<sub>3</sub>図はバーの全ての導体1乃至20を示しておらず、これら導体の中からランダムに選択された若干の導体しか示していない。

導体1乃至20を540°の電気角に亘つて転位する過程を以下に述べる。

バーのスロット部分23の長さ“L”が3つの区分 $\ell_1$ 、 $\ell_2$ 、 $\ell_3$ に仮想的に分割される。区分 $\ell_1$ 及び $\ell_3$ の各々の長さはバーのスロット部分23の長さ“L”の $1/4$ であり、一方区分 $\ell_2$ の長さはスロット部分23の長さ“L”の半分である。

バーの1端の導体端部24に於いて左側の列の頂部にある導体1及び2は、転位の始めに一緒に曲げられて、転位の前に導体11、12（オ<sub>1</sub>図）により占有されていた右側の列の位置へと移行され、導体1が導体11の場所をとりそして導体2が導体12の場所をとる。次いで導体11及び12は導体13及び14によつてそれまで占有されていた位置へと各々下方に移行され、そして導

体13及び14も同様に導体15及び16の位置へと各々移動され、……………等々となる。

バーのこの端の端部24（オ<sub>2</sub>図）に於いて右側の列の底部にある導体19、20は、転位の始めに曲げられて、転位の前に導体9及び10（オ<sub>1</sub>図）によつて占有されていた左側の列の位置へと移行され、そして導体9及び10は各々導体7及び8の位置へと上方に移行され……………という様にして、導体3及び4が各々導体1及び2が立ちのいた位置をとるまで各々移行される。

同じ垂直列に配置された導体3及び4の様な各隣接導体対が、転位の始めに同じ列の導体1及び2の様な隣接導体対によつてそれまで占有されていた位置を占める様に移行されるところの区分“t”（オ<sub>2</sub>図）の長さを転位ステップと称し、これはバーのスロット部分23の長さLとしそしてバー内にある導体の数をnとすれば、区分 $\ell_1$ 及び $\ell_3$ に於いて導体を対にして540°の電気角だけ転位する場合には比 $L/n$ に等しくそして区分 $\ell_2$ の場合には比 $2L/n$ に等しい。

11

12

従つて、1つの転位ステップ内で、全ての導体1乃至20（オ<sub>1</sub>図）は“円をめぐる”様に（例えば時計方向に）対で移行され、その列に於いて互いに隣接した各導体対例えば3及び4、5及び6等はその手前の導体対例えば1及び2、3及び4等によつてそれまでに占有されていた位置を各々とり、導体3は導体1の位置へ移行されそして導体4は導体2の位置へ移行される。

更に、オ<sub>2</sub>図、オ<sub>3</sub>図に示された様に、導体1及び2は区分 $\ell_1$ 内では右側の列に留まり、そしてバーの高さ方向に彼々にその位置を変える。区分 $\ell_1$ の終りには、これら導体1及び2は右側の列の底部位置を占めそして一緒に曲げられて、導体9及び10によつて占有されていた左側の列の位置（オ<sub>1</sub>図）へと移行される。

区分 $\ell_2$ 内では、導体1及び2はバーの長さに沿つて徐々に移行されそして転位の始めにこれらが占有していた元の位置、即ち左側の列の頂部へと戻される。

区分 $\ell_3$ 内では、導体1及び2の転位が前記し

た区分 $\ell_1$ での転位と同様に行なわれ、そしてバーの他方の端部25に於いてはこれらの導体が右側の列の底部位置になることが分かる。

各垂直列にあるその他の導体3乃至20の転位も同様に行なわれる。

従つて各列にある導体1乃至20の各隣接導体対は両方の導体列に於いてバーの高さ方向に次々に全ての位置を占有し、その元の位置に対して1回転半の回転をなす。

ステータコアがあまりに短くて、必要とされる転位ステップを与えることができないために、1つの列内の互いに隣接した導体を対にして540°の電気角に亘つて転位できない場合には、これらの導体を360°の電気角に亘つて転位することができる。この場合、各導体対の転位については区分 $\ell_1$ 及び $\ell_2$ に対してオ<sub>2</sub>図及びオ<sub>3</sub>図に示したものと等価であるが、区分 $\ell_1$ 及び $\ell_2$ の長さがバーのスロット部分23の長さ“L”の半分に等しい同じ長さになされ、且つ $2L/n$ に等しい同じ転位ステップにされる。

13

14

発電機が運転される時にはバーの導体1乃至20の各対に誘起される起電力の大きさが等しく、導体1乃至20の個々の対間に循環電流は存在しない。導体1乃至20の各対内の2つの導体を同時に転位したので、バーのスロット部分23の槽方向磁束によつて生じる起電力は打ち消されることが分つており、これが導体1乃至20の各対の2つの導体間に流れる循環電流を招く。然し乍ら、試験によつて示されている様に、数ダースに達する様な充分に多数の個々の導体がバーにあれば、これらの循環電流による付加的な損失は、一層に1本の導体を360°の電気角に亘つて転位するという従来の手順を、1つの列内の導体を対にして540°の電気角に亘つて転位するという本発明の手順に取り替えたことによつて補償することのできる付加的な損失よりも実質的に小さい。例えばステータコアが非常に短い(約1mの長さ)様な成る場合には、列の隣接導体を対にし、転位することにより、コイル型ではなくてバー型の巻線を實際上使用することができる。コイル型の巻

線の巻回には個々の導体の転位が用いられず、従つて1つの単巻回の導体間の循環電流が常に存在するということをここで注意されたい。コイルの各巻回に於ける導体の数は一般に4より大きく、従つてこれら循環電流による損失はバー型巻線の導体を対にして転位することにより生じる損失よりも実質的に大きい。

概して云えば、低速の発電機に対し、本発明はステータ巻線の循環電流による付加的な損失を少なくするという必要性和、バー導体の技術的に実施可能な転位ステップを得るという必要性和との間に満足の妥協を与える。

#### 4 図面の簡単な説明

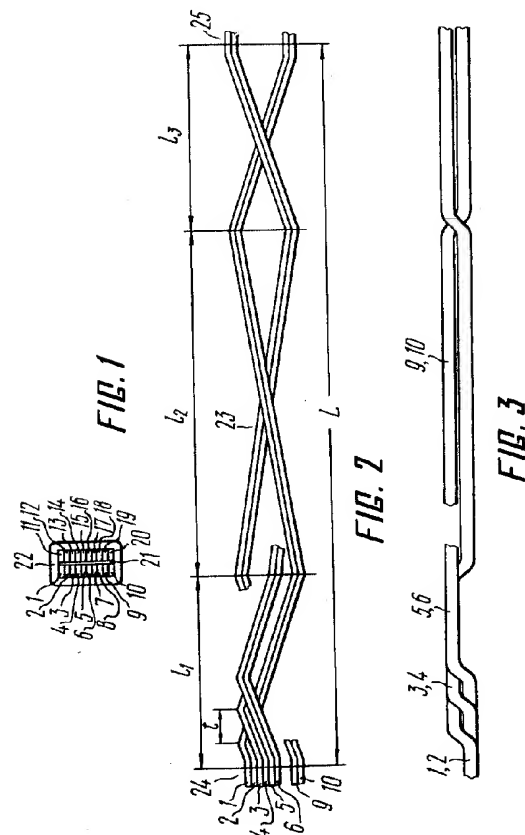
オノ図は本発明による交流発電機のステータ巻線バーの端部断面図、オ2図はオノ図のバーの絶縁体をはがした状態でバーの広い側から見た図、オ3図はオノ図のバーの絶縁体をはがした状態でバーの狭い側から見た図である。

1 ..... 20 ..... 導体、 21 ..... 絶縁ストリップ、 22 ..... 絶縁被覆、 23 ...

15

16

..... スロット部分、 24, 25 ..... 導体端部



17

## 第 1 頁の続き

⑫発 明 者 ヴヤチエスラフ・ヴヤチエスラ  
ヴオヴィツチ・ドムブロフスキ  
ー

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・パスセイナヤ3コル  
プス3ケーヴィ34

⑬発 明 者 リューボフ・ミハイロフナ・コ  
ンタロヴィツチ

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・プルコフスカヤ17ケ  
ーヴィ247

⑭出 願 人 グリゴリー・ポリソヴィツチ・  
ピンスキー

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・ヴァルシヤフスカヤ  
41コルプス2ケーヴィ68

⑮出 願 人 ボリス・ニコラエヴィツチ・チ  
エルニシュ

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・ルスタヴェリ50ケー

ヴィ194

⑯出 願 人 ヴヤチエスラフ・ヴヤチエスラ  
ヴオヴィツチ・ドムブロフスキ

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・パスセイナヤ3コル  
プス3ケーヴィ34

⑰出 願 人 リューボフ・ミハイロフナ・コ  
ンタロヴィツチ

ソビエト連邦レニングラード・  
ウリツサ・プルコフスカヤ17ケ  
ーヴィ247